UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE PHYSIOLOGISCHE BEDEUTUNG

DES

SIEBTHEILS DER GEFÄSSBÜNDEL.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

KÖNIGL. FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT

ZU ERLANGEN

VORGELEGT

VON

J. BLASS

AUS RAWITSCH.

MIT ZWEI TAFELN.

BERLIN 1890.

GEBRÜDER BORNTRAEGER

(ED. EGGERS).

(Separat-Abdruck aus Pringsheim's Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik Band XXII, Heft 2.)

Disposition.

1. Verhalten des Siebtheils bei den verschiedenen Pflanzen.
2. Verhalten des Siebtheils in den verschiedenen Lebensperioden derselben Pflanze.
3. Experimentelle Prüfung der Siebröhren auf Leitungsfähigkeit für Eiweissstoffe.
4. Schlussresumé.

Der Siebtheil der Gefässbündel setzt sich bekanntlich aus mehreren Elementen zusammen; aus Siebröhren, dem Cambiform und den Geleitzellen. Die Siebröhren entstehen aus Längsreihen von gestreckten Zellen, welche noch späterhin als Röhrenglieder deutlich sichtbar sind und von einander durch quer- oder schiefgestellte, siebartige Scheidewände getrennt sind. —

Seitdem die Siebröhren im Jahre 1837 von Hartig klar unterschieden wurden, und Mohl, Naegeli und Hanstein später die Beobachtung von Hartig bestätigt haben, hat man sie fast allgemein als die eigentlichen Leiter für die Eiweissstoffe und die plasmatischen Substanzen angesehen. Besonders war es Hanstein,[1])

---

1) Pringsheim's Jahrbücher. 1860. Seite 392.

der in einem Aufsatze: „Versuche über die Leitung des Saftes durch die Rinde und Folgerungen daraus“ den Nachweis zu führen sucht, dass die Abwärtsleitung der Eiweisssubstanzen ausschliesslich in der Rinde und in dieser durch die Siebröhren stattfindet. —

„Wo Eiweissstoffe als solche auf grössere Strecken fortzuschaffen sind,“ sagt Pfeffer,[1]) „scheint dieses wesentlich in dem Siebtheil der Gefässbündel, namentlich in den Siebröhren und Cambiformzellen zu geschehen. Diese sind überall, wo Transport von Proteinstoffen anzunehmen ist, reich an löslichen Eiweissstoffen. Solche Eiweissstoffe sind in nachweislicher Menge öfters nur in den genannten Elementarorganen auf Strecken zu finden, welche als Verbindungswege für die aus Samenlappen oder anderen Reservemagazinen nach Verbrauchsorten zu leitenden Proteinstoffe benutzt werden müssen und verschwinden dann, wenn die Reservestoffe aus Samen entleert sind.“

Eine Hauptstütze der Auffassung der Siebröhren als Leitungsorgane für die Eiweisskörper von den Orten der Bildung nach den Orten des Verbrauchs und der Speicherung liegt in ihrem anatomischen Bau. Ihre langgestreckte Form, dann die Einrichtung der Siebplatten, die durch die Siebporen den Proteinsubstanzen den directen Durchgang von Zelle zu Zelle gestatten, haben nicht wenig dazu beigetragen, sie als die eigentlichen Eiweissleiter anzusehen.

Ganz besonders waren es aber die Ringelversuche, die zuerst von Malpighi, dann von Mariotte, Brotherton, Hales, du Hamel, Cotta, Knight und mit besonderer Gründlichkeit von Hanstein gemacht wurden, um den Nachweis zu führen, dass nur die Rinde für die Leitung der plastischen Baustoffe zu sorgen habe. Es wurde einem Stamme ein Rindenstück entnommen, und zwar rings um den Umfang, so dass die Communication der geringelten Theile in der Rinde vollständig unterbrochen war. Man machte nun die Wahrnehmung, dass der Theil über der Ringelwunde callös sich verdickte und zwar, wie man annahm, in Folge einer reichlichen Ansammlung von Material, während der untere Theil, vorausgesetzt dass keine Blätter vorhanden waren, aufhörte in der natürlichen Entwickelung fortzufahren.

---

1) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Seite 320.

Auch Alfred Fischer,[1]) der sich neuerdings sehr viel mit der Untersuchung der Siebröhren beschäftigt hat, sagt: „Das Cambiform, zu welchem früher die Geleitzellen gerechnet wurden, ist an der Leitung des Eiweisses nicht oder nur nebenbei betheiligt; seine Hauptleistung besteht wahrscheinlich darin, die Materialien zur Eiweisserzeugung herbeizuschaffen. Als specifische Bildungsheerde der Eiweisssubstanzen sind die Geleitzellen anzusehen. Die ausgebildeten Siebröhren nehmen nicht Theil an der Erzeugung der eiweissartigen Baustoffe, sind aber die specifischen Leitungsbahnen derselben."

Da man die Siebröhren als die Leiter für die Plasmasubstanzen bezeichnet, so nimmt man also an, dass eine Wanderung der Plasmasubstanzen in ihnen stattfindet. Als Beweis für diese Hypothese gilt eben die Bildung des Callus am oberen Theile eines geringelten Stammes, von dem man annimmt, dass er in Folge einer reichlichen Ansammlung von Plasmamaterial, das durch die Ringelung an der weiteren Wanderung verhindert ist, entsteht. Dass eine Wanderung von stickstoffhaltigen Substanzen stattfindet, ergiebt sich aus der Thatsache, dass die Bildungsstätten von den Verbrauchsstätten räumlich wahrscheinlich weit entfernt sind. Dass aber eine Wanderung von Eiweissstoffen in den Siebröhren stattfindet, ist meiner Ansicht nach sehr fraglich und es ist nicht unwahrscheinlich, dass diese Organe einem anderen Zwecke dienen. — Ich habe diese Frage zum Gegenstande einer Untersuchung gemacht, deren Resultate in Folgendem mitgetheilt werden sollen.

Wenn man von dem Gesichtspunkte ausgeht, dass in den Siebröhren die Leitung der Plasmakörper von den Orten, wo sie gebildet werden, nach den Verbrauchsorten stattfindet, so muss die Thatsache doch auffallend erscheinen, dass dort, wo am meisten Baustoffe gebraucht werden, also an der Vegetationsspitze, Siebröhren überhaupt noch nicht vorhanden sind. Alfred Fischer hat bei Cucurbita erst im dritten Internodium Siebröhren gefunden, und meine Untersuchungen, die ich mit jungen Sprossen von Syringa, Tilia, Quercus, Fraxinus, Populus und Betula vorgenommen habe, haben zu demselben Resultat geführt, indem ich bei einem aus zwölf Internodien bestehenden Spross von Syringa, den ich am

1) A. Fischer, Studien über die Siebröhren der Dicotylenblätter. Leipzig 1885.

28. Mai untersucht habe, erst im dritten, noch in Streckung begriffenen Internodium, bei den anderen Sprossen auch erst im zweiten Internodium Siebröhren habe nachweisen können. Da zum Aufbau der Pflanze stickstoffhaltige Substanzen unbedingt nöthig sind, also ein Weg vorhanden sein muss, auf welchem diese Stoffe der Vegetationsspitze zugeleitet werden, so ist eben nur die einzige Möglichkeit vorhanden, dass die Wanderung dieser Stoffe, jedenfalls in Form von löslichen stickstoffhaltigen Substanzen durch die Parenchymzellen bewerkstelligt wird, die von Zelle zu Zelle kraft ihrer osmotischen Fähigkeit die in Lösung befindlichen stickstoffhaltigen Substanzen, welche Amide, Nitrate oder Ammonsalze sein können, nach den Verbrauchsorten hinleiten.

Aber noch mehr gegen die Vorstellung, dass die Siebröhren die leitenden Elemente sind, spricht der Umstand, dass die Wegsamkeit der letzteren nicht eine derartige ist, dass Plasma durch die Poren der Siebplatten, die einzige Communication der Siebröhren mit einander, bequem hindurch wandern könnte. Bei manchen Pflanzen, z. B. bei Cucurbita, deren Siebröhrensystem einer ausführlichen Bearbeitung von Alfred Fischer unterworfen worden ist, sind die Siebporen allerdings von erheblicher Weite; allein bei den weitaus meisten Pflanzen sind die Siebporen ausserordentlich klein und bei vielen überhaupt nicht zu constatiren. Hierzu kommt noch, dass der Wegsamkeit im Herbste ein Riegel vorgeschoben wird durch die bekannten callösen Ablagerungen, welche auf der Siebplatte sich bilden und einen völligen Verschluss der Siebporen bewirken. In welcher Weise diese Callusbildung stattfindet, dies zu erklären ist hier nicht der Ort, da es in diesem Falle nur darauf ankommt zu beleuchten, inwieweit die Verhältnisse günstige oder ungünstige für die Leitung sind.

Dieser Verschluss der Siebporen durch Callus ist allerdings nur ein zeitlicher; denn im Frühling mit Beginn der Vegetation löst sich der Callus auf, er verschwindet und es wäre die Wegsamkeit der Siebporen wieder hergestellt. — Dem zeitlichen Verschluss durch Callus steht der dauernde Verschluss durch Obliteration im späteren Alter der Siebröhren gegenüber, auf welche Verhältnisse in ihrem Zusammenhange zuerst Tschirch hingewiesen hat. Freilich beweist die Obliteration Nichts gegen die Leitungsfähigkeit der Siebröhren im jüngeren Zustande. — Die Obliteration findet in

der Weise statt, dass die Siebröhren, wenn sie ihren Inhalt verloren haben, in Folge des Turgors der benachbarten Zellen zusammengedrückt werden, so dass nur ein ganz enges Lumen zurückbleibt. Früher hat man diese obliterirten Siebröhren für ein besonderes Gewebe gehalten, das Wigand Hornbastprosenchym (Keratenchym) nannte; erst Rauwenhoff, Oudemans, Möller und Tschirch haben den wahren Sachverhalt festgestellt.

Wenn ein Gewebe, das Leitungszwecken dienen soll, erst verhältnissmässig spät auftritt, um zeitlich seine Function einzustellen, so ist dies ein Umstand, der wenig dafür spricht, dass die Leitung eine ausgiebige ist und aus dem hervorgeht, dass, wenn die Leitung vorhanden, sie zeitlich beschränkt ist. — Ausserdem müsste, wenn die Siebröhren mit ihren Siebplatten und Poren den Eiweisskörpern den Durchgang gestatteten, ein ausserordentlich grosser Druck vorhanden sein, der die plasmatischen Substanzen durch die verhältnissmässig sehr engen Siebporen hindurchpresste; es ist aber nicht bekannt, dass solch ein mächtiger Druck in den Siebröhren vorhanden ist[1]).

Ein weiteres Moment, das gegen die Leitung spräche, wäre folgendes: Um die Leitung grosser Mengen Materials zu bewerkstelligen, können die wenigen Siebröhren, die man in der Rinde findet, kaum für ausreichend erachtet werden. Vergleichen wir nun die anderen Leitungselemente, so sehen wir, dass zum Transport des Wassers eine ausserordentlich grosse Anzahl von Gefässen vorhanden ist. Wie verschwindend klein dagegen ist die Anzahl der Siebröhren, sowohl im Verhältniss zur Anzahl der Gefässe, als zu dem der Leitung bedürftigen, stickstoffhaltigen Material.

Wenn alle diese Umstände, die ich hier gegen die Annahme von der Leitungsfähigkeit der Siebröhren angeführt habe, auch keine eigentliche Beweiskraft haben, so sind sie doch geeignet, die diesen Organen bisher zugeschriebene Rolle mindestens zweifelhaft erscheinen zu lassen. Diese Zweifel sind früher schon ausgesprochen worden. — So hat z. B. Tschirch[2]) die Meinung geäussert, dass die Eiweissleitung der Siebröhren die untergeordnetere Function sei und dass die Continuität der Plasmainhalte der Siebröhren wesentlich sei für die Reizübertragung.

---

1) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 344, Anmerkung.

2) Ebenda.

Briosi[1]) hält das Vorhandensein von Amylum in fast allen von ihm untersuchten Siebröhren für die Physiologie der Stoffleitung von grossem Belange; er ist nicht der Ansicht, dass die Siebröhren die Transportorgane bloss der Eiweisskörper seien. Er hat vielmehr die Ansicht, dass die zahlreichen Stärkekörnchen im Plasma der Siebröhren vermöge ihrer Kleinheit ganz besonders für den Transport geeignet seien. Ihr constantes Vorkommen in allen Organen sei gewiss in dieser Richtung bedeutungsvoll. Einige Versuche an festen Stengeln und Blattstielen, die Stärke aus einer Siebröhre in die andere zu pressen, habe zu günstigen Resultaten geführt.

Pfeffer und Haberlandt, auch Faivre sind der Ansicht, dass auch die Milchröhren plastisches Material leiten, was letzterer durch einen Ringelversuch festgestellt hat. An einem blattlosen Zweige von Ficus elastica, den er geringelt hat, kam eine Knospe zum Austreiben, obgleich durch Ringelung die Continuität des Leptoms unterbrochen war. Es sollen somit die Milchröhren, die ja nicht bloss die Rinde allein durchziehen, der wachsenden Knospe eine genügende Menge von Eiweisssubstanzen zugeleitet haben.

Meinem Ermessen nach hat die Ansicht, die Frank[2]) in seiner Physiologie hinsichtlich der Function des Siebtheils ausspricht, die grösste Wahrscheinlichkeit für sich. Diese Ansicht geht dahin, dass analog wie der Inhalt der Stärkescheide zum Aufbau der benachbarten Bastzellen dient, der Inhalt des Siebtheils hauptsächlich dem Cambium zugeführt wird, um bei der Thätigkeit dieses Meristemringes und beim Aufbau des Xylems Verwendung zu finden.

Wir werden sehen, ob diese Ansicht durch die folgenden Untersuchungen ihre Bestätigung finden wird.

I. Verhalten des Siebtheils bei den verschiedenen Pflanzen.

Die bisherige Anschauung, welche man von der Function des Siebtheils und im Besonderen der Siebröhren hat, gründet sich auch zum Theil darauf, dass die Beschaffenheit des Siebtheils bei den relativ wenigen Pflanzen, wo man ihn überhaupt untersuchte, sich übereinstimmend erwies. Ich habe jedoch eine grössere Anzahl von

1) Briosi, Bot. Zeitg. 1873, S. 207.

2) Frank, Lehrbuch der Pflanzenphysiologie, Berlin 1890, Seite 162 u. 163.

Pflanzen, sowohl Holz- als Krautpflanzen, zu den Monocotylen und Dycotylen gehörig, auch eine Anzahl von Wasserpflanzen auf die Beschaffenheit ihres Siebtheils untersucht, und theile ich nachstehend das Ergebniss meiner Untersuchungen mit.

I. Holzpflanzen.

1. Tilia.

Die Inhaltsverhältnisse der Zellen des Siebtheils bei Tilia deuten auf eine Aufspeicherung von Eiweissstoffen in möglichster Nähe des Cambiums hin, also anscheinend für den Bedarf dieses Bildungsheerdes bestimmt.

Ich habe die Eiweissreactionen sowohl mit Eosin, als auch mit Jod-Jodkalium und mit Millon'schem Reagens vorgenommen; die Resultate stimmten in den weitaus meisten Fällen genau überein.

Die Inhaltsuntersuchung bei Tilia im winterlichen Zustande bietet ein interessantes Bild, insofern als der Siebtheil in der Nähe des Cambiums am meisten Plasma enthält, und je weiter das Phloem vom Cambium entfernt ist, der Inhalt desto mehr abnimmt, so dass der Siebtheil in der Nähe der primären Rinde nur noch Spuren von Plasma aufweist (Fig. 1, Taf. IX). Besonders reich an Plasma sind die Cambiformzellen, während die Siebröhren nur einen ganz mässigen Eiweissgehalt haben.

Amylum findet sich in grosser Menge in den Markstrahlen und finde ich hier die Beobachtung von Russow bestätigt, dass das Stärkemehl im Winter sich theilweise zu Oel umwandelt, um im Sommer wieder in Stärke überzugehen. — Ausser in den Markstrahlen findet sich Amylum neben einzelnen Oeltröpfchen in reichlicher Menge im Phloemparenchym, in den Siebröhren nur vereinzelt und zwar in ausserordentlich kleinen Körnchen in der Nähe der Siebplatten.

Die Structur des Phloems bei Tilia deutet auf Transport von Eiweissstoffen nach der Cambiumschicht hin.

Der Querschnitt eines zweijährigen Zweiges von Tilia, ebenfalls im Winterzustande, zeigt unter dem Mikroskop folgende Anordnung des Phloems: Das zwischen zwei Markstrahlen befindliche Phloem wird durch breite, tangential gestellte Bänder von Bast unterbrochen, so dass eine directe Communication der Phloempartien

unter einander und mit dem Cambium nicht möglich ist. Aber das Phloem nimmt die Vermittelung der Markstrahlen in Anspruch, die einen Weitertransport der Reservestoffe nach den Orten des Verbrauchs ermöglichen. Hier bei Tilia ist die Lage der Markstrahlen ganz besonders geeignet, dem Cambium die Nährstoffe zuzuführen, wie aus Fig. 1, Taf. IX ersichtlich ist.

2. *Quercus pedunculata.*

Auch bei Quercus ist deutlich die Aufspeicherung von Eiweiss in möglichster Nähe des Cambiums sichtbar.

Die dem Cambium zunächst gelegene Schicht des Phloems ist auch hier am eiweissreichsten, jedoch ist hier der Unterschied in der Vertheilung des Plasmas nicht so gross wie bei Tilia.

Ebenso wie bei Tilia bilden Siebröhren mit Geleitzellen, Cambiform und Phloemparenchym die Bestandtheile des Siebtheils, und zeigt es sich, dass die Cambiformzellen am meisten mit Plasma erfüllt sind, während der Gehalt an Plasma in den Siebröhren erheblich geringer ist. — Amylum ist nur in geringer Menge in den Markstrahlen und dem Phloemparenchym, in den Siebröhren ganz vereinzelt und auch hier in der Nähe der Siebplatten vorhanden.

Die Structur des Phloems bei Quercus deutet ebenso wie bei Tilia auf Transport von Eiweissstoffen nach der Cambiumschicht hin.

Bei Quercus, zweijährig, im Winterzustande untersucht, zeigt sich an der Innenrinde anliegend eine Platte von Bast, die nicht unterbrochen ist von Markstrahlen, während einzelne Bastinseln, die regellos im Phloem liegen, sehr deutlich eine Durchbrechung durch Markstrahlen, also durch leitungsfähiges Gewebe zeigen (Fig. 2).

3. *Syringa vulgaris.*

Bei Syringa sind die Inhaltsverhältnisse der Zellen des Siebtheils ebenfalls derartige, dass sie eine Aufspeicherung von Eiweissstoffen in möglichster Nähe des Cambiums erkennen lassen.

Der Siebtheil bei Syringa, einjährig, im Winterzustande untersucht, setzt sich aus Siebröhren mit Geleitzellen, Cambiform und Phloemparenchym zusammen; Eiweiss ist in allen Zellen vorhanden, besonders reichlich aber im Cambiform in der Nähe des Cambiums.

Amylum ist nur in geringer Menge, auch in den Siebröhren vorhanden, in reichlicher Menge in den Markstrahlen in der Nähe des Holzes. — Bei der mehrjährigen Syringa sind die Verhältnisse dieselben.

Die Orientirung des Bastes im Phloem von Syringa und seine Unterbrechungen durch leitungsfähiges Gewebe deuten auch hier auf einen Transport von Eiweissstoffen nach der Cambiumschicht hin.

Hier bei Syringa, einjährig, sind die Verhältnisse insofern andere, als der Bast nur einen ziemlich continuirlichen Ring an der Innenrinde bildet, der Siebtheil selbst aber gar nicht von Bast unterbrochen ist (Fig. 3). Es ist also hier dem Cambium leichter gemacht, die Stoffe aus dem Phloem zu erhalten, die es braucht.

4. *Fraxinus excelsior.*

Ebenso wie bei den vorhergehenden Untersuchungen erweist sich die Anordnung des Inhalts der Zellen im Siebtheil als eine derartige, um eine Aufspeicherung von Eiweissstoffen in möglichster Nähe des Cambiums erkennen zu lassen.

Auch hier bei Fraxinus, im Winterzustande untersucht, besteht das Phloem aus Siebröhren mit Geleitzellen, Cambiform und Phloemparenchym, und enthalten alle diese Elemente Plasma, besonders reichlich das Cambiform und das Phloemparenchym in der Nähe des Cambiums, nach der primären Rinde zu abnehmend. — Amylum ist in den Siebröhren in geringer Menge vorhanden.

Ebenso deutet hier die Structur des Phloems auf einen Transport der Eiweissstoffe nach dem Cambium hin.

Die Untersuchung eines zweijährigen Sprosses von Fraxinus im Winterzustande zeigt einen mehrfach durch Markstrahlen durchbrochenen Bastbeleg an der primären Rinde. Ausserdem finden sich einzelne Inseln von Bast, die ebenfalls Durchbrechungen zeigen (Fig. 4, Taf. X). Interessant ist hier die Thatsache, dass im Bast neben den stark verdickten Bastzellen auch Zellen vorhanden sind, die ursprünglich parenchymatisch, sich stark verdickt haben und sclerotisch geworden sind. Sie bewirken ebenfalls einen völligen Abschluss, da sie undurchlässig sind und dienen jedenfalls zur Unterstützung des Bastes.

5. *Populus.*

Auch bei Populus deuten die Inhaltsverhältnisse der Zellen des Siebtheils auf eine Aufspeicherung von Eiweissstoffen in möglichster Nähe des Cambiums hin.

Siebröhren mit Geleitzellen, Cambiform und Phloemparenchym bilden auch hier den Siebtheil. — Was den Inhalt anbetrifft, so erweisen sich, im Winterzustande untersucht, die Zellen in der Nähe des Cambiums am eiweissreichsten, und sind es auch hier wieder die Siebröhren, die den anderen Zellen gegenüber inhaltlich nachstehen. — Amylum ist reichlich in den Markstrahlen und dem Phloemparenchym, in ganz geringer Menge in den Siebröhren vorhanden.

Die Structur des Phloems bei Populus spricht ebenfalls für Transport von Eiweissstoffen nach dem Cambium hin.

Die Unterbrechung des Phloems findet statt durch Bastplatten, die zum Theil recht lang, zum Theil nur sehr kurz sind; aber allenthalben ist zu beobachten, dass die Markstrahlen sich den Weg durch den Bast bahnen zum Zwecke der Leitung (Fig. 5). Hier zeigt sich die Erscheinung, dass schmale Parenchymzellen in der Nähe des Bastes mit Kalkoxalat dicht angefüllt sind, und man hat diesen Zellen in physiologischer Hinsicht die Wirkung des Bastes zugeschrieben, da Zellen, die Krystalle enthalten, sich allerdings zur Härtung und Festigung eignen mögen, gewissermaassen zur Unterstützung des Bastes, doch ist es noch fraglich, ob ihnen diese Bedeutung zukommt.

6. *Betula vulgaris.*

Auch hier ist die Anordnung des Inhalts der Zellen im Siebtheil so, dass eine Aufspeicherung von Eiweissstoffen in möglichster Nähe vom Cambium erkennbar ist.

Der Siebtheil, im Winterzustande untersucht, besteht aus Siebröhren mit Geleitzellen, Cambiform und Phloemparenchym und enthält Plasma am reichlichsten in der Nähe des Cambiums; und zwar sind die Cambiform und Parenchymzellen, weniger die Siebröhren mit Plasma angefüllt. — Amylum ist in den Markstrahlen und im Phloemparenchym vorhanden und fehlt in den Siebröhren.

Ebenso deutet die Structur des Phloems auf einen Transport von Eiweissstoffen nach dem Cambium hin.

Auf dem Querschnitt sieht man nur an der primären Rinde einen Baststreifen, der an mehreren Stellen durch Markstrahlen unterbrochen ist (Fig. 6).

II. Krautartige Landpflanzen.

A. Dicotyledonen.

Von krautartigen Landpflanzen, zu den Dicotylen gehörig, habe ich hinsichtlich ihres Siebtheils: Phaseolus multiflorus, Phaseolus vulgaris, Cannabis sativa, Helianthus annuus, Lupinus luteus, Solanum tuberosum und Drosera rotundifolia untersucht.

Die Untersuchung des Siebtheils bei Phaseol. multifl., der sich aus Siebröhren mit Geleitzellen, Cambiform und Parenchymzellen zusammensetzt, habe ich im Juli vor der Blüthezeit vorgenommen. Das Siebtheil enthielt Plasma, jedoch in keiner besonders auffallenden Menge, Amylum war nur im Phloemparenchym vorhanden, fehlte aber den Siebröhren.

Bei Phaseol. vulgaris verhält sich das Siebtheil ebenso wie bei multiflorus. Plasma nur in mässiger Menge, Amylum im Phloemparenchym, nicht aber in den Siebröhren vorhanden.

Das Siebtheil bei Cannabis sativa (männliche Pflanze) enthält Plasma in ziemlich reichlicher Menge, und scheint dieser reichliche Gehalt an Plasma in Beziehung zu stehen zu dem hier besonders stark sich bildenden Xylem. Amylum ist im Phloemparenchym vorhanden und fehlt den Siebröhren, was Alfred Fischer[1]) auch constatirt hat.

Das Siebtheil bei Helianthus annuus, vor der Blüthezeit untersucht, setzt sich aus Siebröhren mit Geleitzellen, Cambiform und Phloemparenchym zusammen. Die Siebröhren enthalten Plasma in nicht zu reichem Maasse, Amylum in geringer Menge, was auch Sachs[2]) nachgewiesen hat.

Die Lupine, die ich während der Blüthezeit untersucht habe, war auf einem sehr stickstoffarmen Boden gewachsen. Dennoch

1) A. Fischer, Neue Beiträge zur Kenntniss der Siebröhren, Seite 43.

2) Sachs, Experimental-Physiologie, Seite 384.

zeigte die Wurzel besonders an der Stelle, wo sie Knöllchen trägt, in ihrem Siebtheil ziemlich erhebliche Mengen Plasma. Aber auch die Siebröhren des Stengels erweisen sich sehr plasmareich, und es ist ja bekannt, dass die Lupine eine sehr stickstoffreiche Pflanze ist, die zur Melioration des Bodens wesentlich beiträgt. — Amylum ist in den Siebröhren nicht vorhanden, dagegen in reichlicher Menge Amylodextrin, das mit Jod-Jodkalium sich weinroth färbt. Amylodextrin ist auch in reicher Menge im Phloemparenchym enthalten.

Solanum tuberosum habe ich während der Blüthezeit untersucht. Hier sind auch markständige Bündel vorhanden. Die Siebröhren der mark- und rindenständigen Bündel erweisen sich mit Plasma in mässiger Menge erfüllt. Es sind nur wenig Siebröhren neben Geleitzellen, Cambiform und Phloemparenchym vorhanden. Amylum ist in den Siebröhren nicht nachzuweisen.

Nachdem ich nun die Siebtheile solcher Pflanzen untersucht habe, die einen mehr oder weniger starken Holzcylinder aufwiesen, wollen wir jetzt sehen, wie die Verhältnisse des Siebtheils bei denjenigen Pflanzen liegen, deren Holzcylinder nur sehr minimal oder garnicht ausgebildet ist.

Zu dem Ende habe ich Drosera rotundifolia untersucht, die am Ufer des Grunewaldsee's häufig vorkommt. — Das Gefässbündel bei Drosera enthält keinen Holzcylinder, sondern nur einige Ring-, Spiral- und Tüpfelgefässe. Die Siebröhren sind hier sehr schmal und besitzen Plasma nur in Form eines dünnen Wandbeleges, in welchem ein verhältnissmässig grosser Zellkern und Chlorophyllkörner enthalten sind, kurz sie verhalten sich genau so, wie alle gewöhnlichen Parenchymzellen der Drosera.

B. Monocotyledonen.

Zea Mays.

Bei Zea Mays ist das Gefässbündel in der Weise construirt, dass innerhalb eines das ganze Bündel umschliessenden Bastringes zwei grosse Tüpfelgefässe vorhanden sind, die an das Phloem grenzen, dessen Siebröhren durch grosse Lumina sich zu erkennen geben, zwischen welchen die engeren Cambiformzellen regelmässig vertheilt sind. In der Richtung nach dem Stengelcentrum zu schliesst sich der Gefässtheil an. In demselben ist auch ein Intercellulargang

vorhanden, der von einem Ringgefäss begrenzt wird, an das sich weiter ein Spiralgefäss anschliesst. Zwischen dem Siebtheil, den zwei grossen Tüpfelgefässen und dem Spiralgefäss ist eine Gruppe enger Tüpfelgefässe vorhanden. — Die Siebröhren sind hier sehr schön ausgebildet, weisen aber nur einen mässigen Plasmagehalt auf, welcher Umstand in inniger Beziehung zu stehen scheint zu dem hier sehr schwach entwickelten Xylemtheil. — Amylum ist nicht vorhanden.

III. Wasserpflanzen.

Elodea Canadensis.

Bei diesen und den folgenden Wasserpflanzen finden wir wieder ganz ähnliche Verhältnisse, wie sie uns schon bei Drosera begegneten.

Die Beschaffenheit des Inhalts und die Structur der Siebröhren bei Elodea lassen die Annahme zu, dass die Siebplatten nicht, wie bis jetzt angenommen wurde, lediglich als Durchgang des in Wanderung begriffenen Eiweisses benutzt werden, sondern dass die Siebplatten die Communication herstellen zwischen dem Plasma der benachbarten Zellen, so dass, was auch schon an anderen Pflanzengeweben beobachtet worden ist, das Plasma unter sich in Verbindung steht, wie die Nerven im menschlichen Körper. — Ausserdem ist der Gehalt der Siebröhren an Chlorophyll ein Beweis dafür, dass diese Siebröhren keine andere Function haben als Parenchymzellen.

Bekanntlich sind Gefässe bei Elodea überhaupt nicht ausgebildet, was bei submersen Wasserpflanzen eine uns häufig begegnende Erscheinung ist. Der Fibrovasalstrang zeigt nur Phloem, das Chlorophyll in reichem Maasse enthält. Die spärlich vorhandenen Siebröhren enthalten ebenfalls Chlorophyll und etwas Amylum (Fig. 7). Sehr auffallend ist auch der Umstand, dass der plasmatische Wandbeleg der Siebelemente hier in Circulation begriffen ist, eine Erscheinung, die uns hier zum ersten Male begegnet und wiederum an gewöhnliche Parenchymzellen erinnert.

Vallisneria spiralis.

Vallisneria spiralis, ebenfalls eine submerse Wasserpflanze, bietet in ihrem anatomischen Bau viel Aehnlichkeit mit Elodea dar. In noch stärkerem Maasse wie bei Elodea findet man hier in den Siebröhren des Bündels, das ebenfalls keine Gefässe aufweist, einen

in Strömung begriffenen Wandbeleg von Plasma; dann ist auch Chlorophyll vorhanden, dagegen fehlt Amylum.

Hydrocharis morsus ranae.

Hydrocharis hat Bündel ohne centrale Lufthöhlen. Die anatomischen Verhältnisse von Hydrocharis, Stratiotes und anderer Hydrocharitaceen hat Rohrbach[1]) einer Untersuchung unterworfen und findet man dort interessante Mittheilungen darüber.

Zum Unterschied von Elodea und Vallisneria sind hier Spiral- und Ringgefässe (kein Xylem, nur diese Gefässe) in deutlicher Entwickelung vorhanden. Die Siebröhren, die nur in geringer Anzahl vorhanden sind, zeigen wie bei Elodea und Vallisneria einen in mächtiger Strömung befindlichen plasmatischen Wandbeleg, der Chlorophyllkörner mit sich führt. — Amylum fehlt den Siebröhren.

Stratiotes aloides.

Stratiotes enthält Bündel nur mit Spiral- und Ringgefässen. Die Siebröhren enthalten Plasma als Wandbeleg, der jedoch hier nicht in Strömung begriffen ist und das nur an den Querwänden in etwas reichlicherem Maasse sich findet. — Chlorophyllkörner sind im Plasma der Siebröhren vorhanden, Amylum fehlt.

Ceratophyllum.

Obwohl Ceratophyllum eine Dicotyle, Elodea eine Monocotyle ist, so ist doch der anatomische Bau bei beiden wegen der gleichen submersen Lebensweise derselbe. Gefässe sind nicht vorhanden[2]); die Siebröhren sind sehr eng und enthalten ein wandständiges Plasma, in das Chlorophyllkörner eingebettet sind, wie bei Elodea; dagegen ist eine Strömung nicht vorhanden.

Nymphaea alba.

Auf dem Querschnitt durch den Blattstiel finden sich kleine und grosse Bündel. Der Längsschnitt zeigt einen von parenchymatischen Zellen umgebenen Luftraum, an den sich ein Spiral- und ein

---

1) Rohrbach, Beiträge zur Kenntniss einiger Hydrocharitaceen. Abhandlung der Naturforscher-Gesellsch. zu Halle. Bd. XII, S. 75.

2) De Bary, Vergleich. Anatomie, S. 384.

Ringgefäss anschliessen. Die Siebröhren enthalten auch hier nur wenig Plasma als Wandbeleg, Amylum fehlt vollständig.

Menyanthes trifoliata.

Das von einer Endodermis rings umscheidete Bündel zeigt eine reiche Gefässentwickelung. Die Siebröhren sind hier in grösserer Anzahl vorhanden und enthalten Eiweiss als plasmatische Wandschicht. Amylum ist nicht vorhanden.

Potamogeton lucens.

Bei Potamogeton lucens entspricht jedem Bündel ein Intercellulargang, aussen umringt von einem Siebtheil mit Siebröhren, die wiederum eine plasmatische Wandschicht zeigen. Chlorophyll ist in den Siebröhren in das Plasma eingebettet, Amylum fehlt. Das Bündel enthält Tracheen in mässiger Menge. Das ganze Bündel wird eingeschlossen von einem nach der Mitte zu verdickten Sclerenchymring. —

Nachdem wir nun die verschiedensten Pflanzen hinsichtlich ihres Siebtheils untersucht haben, hat sich ergeben, dass dort, wo ein kräftiger Holzkörper zu bilden ist, die typischen Elemente des Siebtheils mit Eiweiss sich erfüllt zeigen.

Aber dort, wo nur ein schwächerer Holzkörper zu bilden ist, sehen wir die Elemente des Siebtheils schon nicht mehr mit so viel Eiweiss erfüllt, und bei den Wasserpflanzen, wo ein Holzkörper garnicht entwickelt ist, begegnen wir Siebröhren, welche nur noch den Charakter von anderen Parenchymzellen tragen.

Es ist also offenbar, dass eine gegenseitige Beziehung zwischen der Ausbildung des Holzkörpers und der des Phloems vorhanden ist.

2. Verhalten des Siebtheils in den verschiedenen Lebensperioden derselben Pflanze.

Um über die Entwickelung und die Function des Siebtheils Aufschluss zu erhalten, habe ich eine Reihe von Pflanzen in den verschiedensten Alters- und Lebensperioden untersucht. Speciell habe ich die Untersuchungen von dem Gesichtspunkte aus vorgenommen, in welcher Beziehung die Entwickelung des Phloems zu dem Aufbau des Xylems steht, und theile ich nachstehend meine Untersuchungen mit.

Syringa vulgaris.

Am 13. Mai nahm ich die Untersuchung eines Sprosses von Syringa vulgaris vor, der aus sieben Internodien bestand. In den jüngsten zwei Internodien, die allerdings noch nicht entwickelt waren, waren Siebröhren nicht zu constatiren, ebenfalls fehlten noch Gefässe. Die Bastzellen waren in der Anlage zu erkennen, zeigten aber noch keine Verdickung der Membranen. Erst im dritten Internodium (5,5 cm lang), das ebenfalls noch nicht erwachsen war, konnte ich Siebröhren und Gefässe nachweisen, auch war die Entwickelung der Bastzellen weiter vorgeschritten.

Während die ersten drei Internodien durch ihre Schmiegsamkeit auf einen geringen Gehalt festigender Elemente schliessen liessen, war beim vierten Internodium (4 cm lang) die festere Beschaffenheit ein Hinweis auf die schon weiter vorgeschrittene Entwickelung des Holzes und des Bastes. Die Siebröhren sind schon in grösserer Anzahl und mit recht deutlich sichtbaren Siebplatten vorhanden.

Im fünften Internodium (3,9 cm lang) zeigt der Bast eine weitere Verdickung, ebenso das Holz, während die Siebröhren wie beim sechsten (3 cm lang) und siebenten (2,9 cm lang) Internodium in ziemlicher Anzahl und deutlicher Entwickelung sich darbieten.

Die Bastzellen haben in den beiden letzten Internodien eine wesentliche Verdickung erfahren, ebenso hat die Ausbildung des Holzkörpers weitere Fortschritte gemacht.

Betrachten wir nun den Inhalt in den verschiedenen Zellgeweben, so sehen wir im ersten und zweiten Internodium die Zellen des Cambiums und in der Nähe desselben mit Eiweiss erfüllt. — Amylum ist in geringer Menge in der Nähe der Bastanlage in einer besonderen Zellschicht, der sog. Stärkescheide vorhanden, über deren physiologische Function Heine[1]) wichtige Aufschlüsse gegeben hat. — Im dritten Internodium, wo die ersten Siebröhren zu erkennen sind, zeigen diese einen mässigen plasmatischen Inhalt, mehr Plasma enthalten die Cambiumzellen und die ihnen benachbarten Phloemparenchymzellen. Amylum ist in grösserer Menge nur in der Stärkescheide wahrzunehmen. — Ebenso verhält sich der Inhalt im vierten Internodium.

---

1) H. Heine, Berichte der Deutschen botan. Gesellsch. 1885, Bd. 3, S. 189.

Im fünften und sechsten Internodium sind die Siebröhren inhaltreicher, dagegen haben die Zellen der Stärkescheide in dem Maasse, als eine Verdickung der Bastzellen stattgefunden hat, ihren Inhalt verloren, und im siebenten Internodium, wo der Bast schon eine wesentliche Verdickung erfahren hat, sind die Zellen der Stärkescheide erheblich inhaltsärmer geworden. Ich finde also hier wie auch bei späteren Untersuchungen die Annahme von Heine bestätigt, dass der Inhalt der Stärkescheide nicht in Wanderung begriffen ist, sondern als Reservestoff abgelagert ist, um zum Aufbau der benachbarten Bastzellen zu dienen.

Auch im siebenten Internodium ist im Cambium und den nach der Peripherie zu benachbarten Zellen am meisten plasmatische Substanz vorhanden, die, je mehr man vom Cambium sich entfernt, abnimmt. Die Siebröhren enthalten hier mehr Plasma, wie in den jüngeren Internodien.

Am 18. Juni nahm ich eine weitere Untersuchung eines 12 Internodien langen Syringasprosses vor. Während ich bei der ersten Untersuchung des aus sieben Internodien bestehenden Sprosses erst im dritten Internodium Siebröhren nachweisen konnte, fand ich sie hier bereits im zweiten Internodium. — Diese Erscheinung wird mit der Thatsache in Verbindung gebracht werden können, dass hier die Ausbildung des Holzes eine weit vorgeschrittenere ist. Schon im zweiten Internodium begegnet man hier Gefässen und im vierten Internodium findet man schon alle Elemente des Holzes. Es ist also die Länge des Internodiums bei verschieden alten Sprossen nicht maassgebend für das Vorhandensein von Siebröhren, da der 14 Tage alte Spross erst im dritten, der fünf Wochen alte schon im zweiten Internodium Siebröhren zeigte.

Auch die Zellen des Bastes erweisen sich im vierten Internodium schon erheblich verdickt.

Der Eiweissgehalt verhält sich wie bei der ersten Untersuchung. Im Cambium und in der Nähe desselben nach der Peripherie zu sind die Zellen am plasmareichsten, die Eiweissmenge in den Siebröhren ist eine mässige.

Amylum ist nur in den Zellen der Stärkescheide vorhanden. Je weniger die Zellen des Bastes verdickt sind, um so mehr Amylum findet sich in der Stärkescheide, und mit der Verdickung der Membranen nimmt der Gehalt an Amylum ab.

Nachdem ich nun Syringa in dem Stadium der ersten Entwickelung und dann im Juni bei fortgeschrittener Entwickelung in der lebhaftesten Vegetationsperiode untersucht habe, erübrigt es noch zu untersuchen, wie die Verhältnisse im Herbste liegen, wenn die Pflanze sich für die Winterruhe vorbereitet.

Zu diesem Ende untersuchte ich Anfangs September einen diesjährigen Spross und machte die Beobachtung, dass die Siebröhren jetzt einen ziemlichen Plasmagehalt aufweisen und in der Nähe der Siebplatten kleine Amylumkörner enthalten, die an Grösse den Amylumkörnern ausserhalb der Siebröhren erheblich nachstehen. Auch ist hier wiederum der am Cambium liegende Theil des Phloems am plasmareichsten, und weist die Erfüllung der Siebröhren mit Plasma darauf hin, dass die Pflanze darin Material aufspeichert, um im Frühjahr bei beginnender Vegetation das Cambium mit Nährstoffen versehen zu können. — Am plasmareichsten sind die Cambiformzellen, die Siebröhren sind nicht so prall angefüllt, was ein nicht zu dünner Längsschnitt mit Millon'schem Reagens behandelt recht deutlich sehen lässt. — Amylum ist in den Markstrahlen, besonders in der Nähe des Holzes, in reicher Menge vorhanden.

Bei dieser Gelegenheit mag die Thatsache Erwähnung finden, dass die Siebplatten beginnen, ihre Wegsamkeit durch Auflagerung von Callus aufzugeben. Jetzt, nachdem die Siebröhren mit plasmatischem Inhalt sich versehen haben, sorgt die Pflanze dafür, dass durch den Verschluss der Siebporen durch Callus den Siebröhren der Inhalt erhalten bleibt, bis bei beginnender Vegetation sich der Callus auflöst und dem Inhalt den Austritt zu den Orten des Verbrauchs gestattet. — Dasselbe Bild wie bei beginnender Vegetationsruhe bietet die Pflanze im Zustande der winterlichen Ruhe dar.

Ende März entnahm ich einen ein Jahr alten Spross und fand, dass das Phloem, besonders die Cambiformzellen mit Plasma angefüllt war; die Siebröhren zeigten auch einen reichlichen plasmatischen Inhalt. — Amylum war nur in geringer Menge in der Nähe der mit einer dicken Callusschicht versehenen Siebplatte vorhanden, während die Markstrahlen, besonders nahe am Cambium, einen reichen Amylumgehalt aufweisen.

Fraxinus excelsior.

Am 10. Juni untersuchte ich einen 12,5 cm langen, jungen Spross von Fraxinus, der aus vier Internodien bestand.

Schon im ersten 1,5 cm langen, noch nicht erwachsenen Internodium fand ich Siebröhren mit den charakteristischen Siebplatten, während das Holz noch weit in der Entwickelung zurück war. Die Zellen des Bastes, dessen Anlage deutlich zu erkennen ist, sind noch wenig verdickt.

Im zweiten Internodium (6 cm lang) hat die Ausbildung des Holzes wesentliche Fortschritte gemacht, die Membranen der Bastzellen haben sich mehr verdickt, und im dritten (3 cm langen) und vierten (1 cm langen) Internodium sind alle Elemente des Holzes vorhanden, und auch die Bastzellen haben eine wesentliche Verdickung erfahren.

Inhaltlich verhalten sich die Siebröhren in den verschiedenen Internodien so, dass im ersten und zweiten Internodium ein reicherer Plasmagehalt vorhanden ist, der nach der Ausbildung des Holzes im dritten und vierten Internodium etwas abnimmt. Auch sind die dem Cambium zunächst liegenden Parthien des Siebtheils am plasmareichsten, und nimmt der Plasmagehalt mit der Entfernung vom Cambium ab. — Die Cambiformzellen sind inhaltreicher wie die Siebröhren. — Amylum ist in den Siebröhren nicht vorhanden, dagegen im Phloemparenchym und in der der Bastscheide dicht anliegenden Stärkescheide. Im ersten und zweiten Internodium ist die Stärkescheide inhaltreicher als im dritten und vierten Internodium, wo die Zellen des Bastes zur Verdickung ihrer Membranen nicht mehr soviel Material benöthigen.

Die Ausbildung der Siebröhren und des Holzes coincidirt hier wiederum, das heisst es scheint ein gewisser Zusammenhang zu existiren, dass erst die Siebröhren sich entwickeln und der Inhalt derselben dann erst zum Aufbau des Holzkörpers Verwendung findet.

Am 3. Juli untersuchte ich noch einmal einen fünf Internodien langen Spross von Fraxinus, der in voller Vegetation sich befand. Die Siebröhren erweisen sich hier in den ersten zwei Internodien, wo das Holz noch in der Entwickelung begriffen ist, mit reichem Inhalt versehen, der in den älteren Internodien, die durch ihre Festigkeit auf eine fast völlige Ausbildung des Holzkörpers hin-

deuten, etwas an Menge abnahm. — Amylum ist im Phloemparenchym in grosser Menge vorhanden, dagegen nur spärlich in der Stärkescheide.

Ende August bot die Untersuchung des Siebtheils von Fraxinus ein wesentlich anderes Bild dar. — Während bei der letzten Untersuchung in den älteren Internodien eine Inhaltsabnahme zu constatiren war, sehen wir jetzt die Siebröhren mit einem grossen Vorrath von Material angefüllt, das je näher der Siebtheil dem Cambium sich befindet, um so grösser ist. Es beginnt die Pflanze Vorrath für den Winter aufzuspeichern und sorgt durch die Verschliessung der Siebporen durch sich auf die Siebplatten auflagernden Callus der Siebröhre den Inhalt zu erhalten. Im Frühjahr bedarf die Pflanze des Materials, es löst sich dann der Callus auf, er verschwindet, und der Inhalt kann sich dem Cambium mittheilen.

Ein ähnliches Bild bietet die Untersuchung eines in Winterruhe befindlichen Sprosses von Fraxinus, der Anfangs April, wo die Vegetation noch ruhte, untersucht wurde. Nur hat hier ein völliger Verschluss der Siebporen durch Callus stattgefunden und das Plasma in den Siebröhren hat ein körniges Aussehen angenommen. — Amylum fand ich in den Siebröhren nicht, entgegen der Ansicht von Alfred Fischer[1]), welcher in den Siebröhren von Fraxinus Stärke gefunden haben will. Dagegen ist Amylum reichlich im Phloemparenchym vorhanden.

Betula vulgaris.

Am 13. Juni nahm ich eine Untersuchung eines 9 cm langen Sprosses von Betula vor, der aus fünf Internodien bestand. In physikalischer Hinsicht erwies sich der Spross noch recht zart, es war also die Ausbildung des Holzes noch eine ganz unvollkommene. Während im ersten Internodium weder Siebröhren noch Gefässe nachweisbar sind, begegnen wir im zweiten Internodium einem gleichzeitigen Auftreten von Siebröhren und Gefässen. Die Zellen des in der Anlage vorhandenen Bastes sind noch unverdickt, und erst im dritten Internodium hat eine Verdickung der Bastzellen stattgefunden, die im vierten und fünften Internodium immer weiter zunimmt. Die

1) Alfred Fischer, Neue Beiträge zur Kenntniss der Siebröhren. Leipzig 1886, S. 42.

Elemente des Holzes sind erst im fünften Internodium alle erkennbar, so dass die Ausbildung des Holzes hier eine sehr allmählige ist. Auffallend ist hier noch die Erscheinung, dass, während bei einem älteren Spross von Betula, wie wir später sehen werden, der Baststrang nur sehr wenige Durchbrechungen durch leitungsfähiges Gewebe zeigt, hier im fünften Internodium der Baststrang durch Markstrahlen regelmässig durchbrochen ist.

Was den Inhalt anbetrifft, so findet man im ersten Internodium die Zellen des Siebtheils mit Plasma erfüllt, das in den im zweiten Internodium zuerst auftretenden Siebröhren ebenfalls reichlich, besonders in der Nähe des Cambiums vorhanden ist. — Mit der Ausbildung des Holzes nimmt die Menge des Plasmas in den Siebröhren ab, und erweisen sich im fünften Internodium nur noch die Cambiformzellen plasmareich. — Amylum, das im Phloemparenchym und in der der Bastschicht dicht anliegenden Stärkescheide in reichlicher Menge vorhanden ist, fehlt den Siebröhren vollständig.

Anfangs September erwies sich der Siebtheil eines aus sieben Internodien bestehenden Sprosses von Betula, nachdem die Holzbildung nun vollendet ist, wie bei den vorhergehenden Untersuchungen. Die Siebporen beginnen sich durch auflagernden Callus zu verschliessen. Plasma ist in den Siebröhren jedoch nicht in sehr reicher Menge vorhanden, dagegen sind die Cambiformzellen plasmareich. Der Plasmareichthum der Zellen nimmt mit der Entfernung vom Cambium nach der Peripherie ab, und dasselbe Bild bietet ein in winterlicher Ruhe sich befindender Spross, dessen Untersuchung ich Ende März vorgenommen habe. — Amylum ist im Phloemparenchym reichlich, in der Stärkescheide nur in ganz geringer Menge vorhanden, während ich das Vorhandensein von Amylum in den Siebröhren nicht nachweisen konnte.

Quercus.

Am 17. Juni untersuchte ich einen aus vier Internodien bestehenden Spross von Quercus, der 4 cm lang ist.

Das erste Internodium weist weder Gefässe noch Siebröhren auf, dagegen treten beide im zweiten Internodium gleichzeitig auf. — Die Bastzellen, die im ersten Internodium noch unverdickt sind, zeigen im zweiten Internodium eine Verdickung der Membranen, die im dritten und vierten Internodium schon ganz erheblich ist.

Auch der Holzkörper ist im dritten, mehr noch im vierten Internodium ausgebildet.

Inhaltlich fällt hier der reiche Plasmagehalt in den Siebröhren auf, nicht nur in der Nähe des Cambiums, sondern auch weiter vom Cambium entfernt. Die Cambiformzellen sind ebenfalls prall mit Plasma erfüllt. Amylum findet sich in reichlicher Menge im Phloemparenchym und in der Stärkescheide und ist auch in den Siebröhren in der Nähe der Siebplatten in kleinen Körnchen vorhanden, was Alfred Fischer[1]) auch constatirt hat.

Die Untersuchung des Siebtheils von Quercus Anfang September zeigt, dass Plasma in den Siebröhren in mässiger Menge vorhanden ist. Während bei den früheren Untersuchungen in der Nähe des Cambiums eine grössere Ansammlung von Plasma in den Siebröhren und Cambiformzellen stattgefunden hatte, ist hier bei Quercus die Vertheilung des Plasmas im Phloem eine gleichmässigere. In den Cambiformzellen ist ein reicherer Plasmainhalt als in den Siebröhren vorhanden. — Amylum in den Siebröhren in Form ganz kleiner Körnchen, ausserdem im Phloemparenchym in mässiger Menge.

Die Anfang April vorgenommene Untersuchung eines in Winterruhe befindlichen Zweiges von Quercus bietet ein ähnliches Bild dar. — Auch hier ist die Vertheilung des Plasmas im Phloem eine gleichmässigere. Die Siebporen der Siebröhren sind durch eine aufgelagerte Callusschicht verschlossen. — Amylum findet sich ebenfalls in den Siebröhren und im Phloemparenchym.

Populus.

Bei einem am 21. Juni untersuchten, aus 13 Internodien bestehenden Populuszweige, der 24 cm lang ist, ist im zweiten Internodium erst ein gemeinsames Auftreten von Gefässen und Siebröhren nachzuweisen. Die Gefässe sind Spiral-, Tüpfel- und Ringgefässe. Der Bast, der im ersten Internodium in der Anlage zu erkennen ist, beginnt im zweiten sich zu verdicken und hat im achten seine Ausbildung erreicht. Die Elemente des Holzes sind im fünften Internodium sämmtlich nachweisbar.

---

1) Alfred Fischer, Neue Beiträge zur Kenntniss der Siebröhren, Seite 42.

Was den Inhalt anbelangt, so sind die Siebröhren, die im zweiten Internodium nur in spärlicher Anzahl vorhanden sind, mit Plasma in nicht zu reichlichem Maasse angefüllt, mehr Inhalt zeigen die Cambiformzellen und besonders in der Nähe des Cambiums, wie auch die Siebröhren nahe am Cambium plasmareicher sind. In den letzten Internodien, also dem zwölften und dreizehnten, weisen die Siebröhren weniger Inhalt auf. — Amylum reichlich im Phloemparenchym und in der Stärkescheide, in den Siebröhren in ganz geringer Menge.

Anfang September verhält sich der Siebtheil bei Populus (Spross 30 cm lang) so, dass die Siebröhren, deren Siebplatten beginnen sich mit Callus zu überziehen, einen körnigen, plasmatischen Inhalt besitzen, wie ihn ein im Zustande der winterlichen Ruhe Ende März untersuchter Spross von Populus zeigt. — Amylum ist im Phloemparenchym in reichlicher Menge, in den Siebröhren nur wenig enthalten.

Tilia.

Am 24. Juni untersuchte ich einen aus drei Internodien bestehenden, 6 cm langen Spross von Tilia. Im ersten Internodium sind weder Gefässe noch Siebröhren vorhanden, der Bast ist in der Anlage zu erkennen. Das zweite Internodium enthält Gefässe und Siebröhren, im dritten Internodium, das schon mehr Festigkeit zeigt, ist die Anzahl der Siebröhren eine grössere und die Ausbildung des Holzes weiter vorgeschritten. Die Bastzellen im zweiten, mehr noch im dritten Internodium weisen eine erhebliche Verdickung der Membranen auf.

Inhaltlich ist im ersten Internodium das Phloem reich mit Plasma und Amylum erfüllt, im zweiten sind die Siebröhren mit Inhalt ziemlich reichlich versehen, ebenso im dritten Internodium. Ausserdem ist Amylum in kleinen Körnchen in den Siebröhren vorhanden.

Ende Juli nahm ich eine weitere Untersuchung eines 10 cm langen, jungen Sprosses vor. Derselbe bestand aus vier Internodien. Hier waren schon im ersten Internodium sowohl Gefässe wie Siebröhren, die reich mit Plasma erfüllt waren, nachweisbar. Im vierten Internodium, wo das Holz schon fertig gebildet war, war eine offenbare Abnahme von Plasma in den Siebröhren wahrzunehmen. —

Amylum auch hier reichlich im Phloemparenchym, in geringer Menge in den Siebröhren.

Ein einjähriger Spross, Anfang September untersucht, bot folgendes Bild dar. In allen drei Elementen des Phloems, den Siebröhren, Cambiformzellen und dem Phloemparenchym, war Plasma vorhanden und zwar derart, dass die Cambiformzellen in der Nähe des Cambiums am meisten Plasma enthielten, während die Siebröhren weniger Plasma aufwiesen. Ganz besonders auffallend ist hier bei Tilia die stufenweise Abnahme von Plasma in den Siebröhren und Cambiformzellen, je mehr man sich vom Cambium entfernt, und in der Nähe der primären Rinde ist der Plasmagehalt im Siebtheil nur ein minimaler.

Auch hier kann man deutlich die Beobachtung machen, wie die Siebplatten sich mit Callus bedecken. Amylum ist in den Siebröhren in der Nähe der Siebplatten nachzuweisen.

Dieselbe Orientirung des Plasmas im Siebtheil zeigt ein im März untersuchter Zweig von Tilia, der noch in Vegetationsruhe sich befand. Je näher dem Cambium, um so mehr Plasma enthielt der Siebtheil. Amylum war in ausserordentlich grosser Menge im Parenchym, in geringer Menge in den Siebröhren in der Nähe der Siebplatten vorhanden. —

Fassen wir nun die Punkte, die sich aus der Untersuchung ergeben haben, kurz zusammen, so ist zunächst die Thatsache bemerkenswerth, dass das Auftreten der Siebröhren ein gleichzeitiges ist mit dem des Xylems. Nirgends hat es sich gezeigt, dass Gefässe früher als Siebröhren auftreten.

Die Menge des Inhalts der Siebröhren stand in enger Beziehung zu der Ausbildung des Holzkörpers, analog dem Verhältniss der Stärkescheide zur Entwickelung des Bastes.

In allen Altersstadien sind die Siebröhren und Cambiformzellen in der Nähe des Cambiums am inhaltreichsten, und nimmt der Inhalt mit der Entfernung vom Cambium stets ab. Dies deutet darauf hin, dass diese Eiweissmassen nicht zum Forttransport, sondern zur Versorgung des Cambiums mit Bildungsstoffen an Ort und Stelle bestimmt sind. — Im Herbst speichert die Pflanze Plasmasubstanz im Siebtheil noch reichlicher auf, um bei Beginn der Vegetation für die Thätigkeit der Cambiumschicht möglichst grossen Vorrath zu haben.

3. Experimentelle Prüfung der Siebröhren auf Leitungsfähigkeit für Eiweissstoffe.

Dasselbe Hilfsmittel, dessen sich Hanstein bedient hat, um den Nachweis zu führen, dass der in der Rinde absteigende Saft seinen Weg durch die Siebröhren nimmt, nämlich das Ringeln der Zweige, habe auch ich in Anwendung gebracht bei meinen Versuchen, die ich nachstehend schildern werde. Ich ging dabei von der Erwägung aus, dass, wenn in den Siebröhren eine Eiweisswanderung von oben nach unten stattfindet, diese Wanderung an der Ringelblösse unterbrochen wird. Es müsste aber unter der Ringelblösse die Wanderung ebenfalls stattfinden, und da von oben her kein Zufluss kommt, so müssten die Siebröhren unter der Ringelblösse immer inhaltsleerer und mit der Zeit ganz inhaltsleer sich erweisen. Wir wollen nun sehen, ob diese Ansicht durch die Versuche ihre Bestätigung finden wird.

Ringelung von Populus.

Am 15. Juni habe ich einen einjährigen Zweig von Populus in der bekannten Weise geringelt. Zweig 32 cm lang, Ringelstelle 1 cm breit, 9 cm vom unteren Ende entfernt.

Am 16. Juni, also nach 24 Stunden, untersuchte ich sowohl den über der Ringelstelle als auch den unterhalb derselben befindlichen Theil des Zweiges.

Die Siebröhren enthielten in beiden Fällen Plasma in nicht zu reichlichem Maasse. Die Verhältnisse lagen genau so wie bei dem ungeringelten Zweige, wie eine Vergleichung ergeben hat.

Am 22. Juni, also nach sieben Tagen, nahm ich eine weitere Untersuchung eines am 15. Juni geringelten Populuszweiges vor. Spross 35 cm lang, Ringelstelle 1 cm breit, 14 cm vom unteren Ende entfernt.

Bei der makroskopischen Betrachtung beobachtete man, dass sich oberhalb der Ringelstelle eine callöse Anschwellung gebildet hat, während unterhalb der Ringelstelle keine Aenderung eingetreten war. — Zunächst untersuchte ich den Theil unterhalb der Ringelblösse, sowohl direct unter derselben, d. h. soweit die Zellen durch den Ringelschnitt nicht etwa abgestorben waren, als auch einige Millimeter darunter. Es zeigten sich die Siebröhren quantitativ

ebenso stark mit Eiweissstoffen erfüllt, wie bei der ungeringelten Pflanze.

Dagegen bot die Untersuchung des Callus und des darüber befindlichen Theils ein anderes Bild dar: Ein Querschnitt durch den Callus zeigte, mit Jod und mit Eosin untersucht, eine reiche Ansammlung von Plasma in den Siebröhren und den Parenchymzellen; die Zellen sind prall gefüllt, auch eine reichliche Ansammlung von Amylum im Parenchym ist vorhanden. Der Längsschnitt, der zur Untersuchung des Inhalts geeigneter ist, bestätigte das Bild des Querschnitts.

Bei dieser Gelegenheit sei es gestattet, etwas näher auf die Bildung des Callus einzugehen, der in Folge von Ringelwunden entsteht.

Die Annahme, wie sie allgemein besteht, ist die, dass der Callus eine Folge der massenhaften Ansammlung des durch den Ringelschnitt an der weiteren Wanderung verhinderten Nährmaterials ist. Man hat den Callus untersucht und hat gefunden, dass die Zellen mit Inhalt prall erfüllt waren, und hat daraus den Schluss gezogen, dass der Callus entstanden ist in Folge der Anhäufung von Nährmaterial.

Allein die Untersuchung des Callus bei Populus zeigte, dass vom Cambium aus durch mehrfache Theilung der Cambialzellen eine reiche Parenchymbildung stattfindet. Dieses Parenchym trägt genau denselben Charakter von Wundparenchym, wie es A. B. Frank[1]) in seinen Pflanzenkrankheiten für jede Art Wunden des Holzstammes folgendermaassen schildert:

„Die am Wundrande liegenden Cambiumzellen und innersten jüngsten Weichbastzellen theilen sich durch Quer- und Längswände und bilden so einen aus isodiametrischen Zellen bestehenden Callus. Im ganzen älteren Bast und Rindenparenchym differencirt sich nahe der Wunde ein korkbildendes Meristem, welches sich einerseits an das normale Korkmeristem unter der Oberfläche des Stammes ansetzt, in radialer Richtung parallel der Rindenwunde hinzieht und an den von der Cambiumschicht gebildeten Callus sich erstreckt.“

Diese Erscheinung ist auch dieselbe wie bei den erneuten Chinarinden, den sog. renewed barks, die dadurch entstehen, dass man die

1) A. B. Frank, Pflanzenkrankheiten, S. 111.

ursprüngliche Rinde abschält, das Cambium aber stehen lässt und den Baum mit Moos umwickelt. Unter der Moosbedeckung wird die Rinde regenerirt[1]).

Der Callus ist also gewissermassen als eine pathologische Erscheinung zu betrachten. Denn wenn wirklich die Ursache seiner Bildung in einer massigen Ansammlung von Material läge, so müsste eine besonders reichliche Ausbildung der Rindenelemente stattfinden; allein dies ist nicht der Fall. Nicht weil eine Anhäufung von Material vorhanden ist, hat sich der Callus gebildet, sondern umgekehrt, es findet eine Ansammlung von Material statt, um den Callus, der in Folge der Verwundung entstanden ist, zu ernähren und eventuell zur Bildung von Wurzeln, die am Callus sich bilden, wenn man den Zweig unterhalb der Ringelblösse abschneidet, beizutragen. Durch den Ringelschnitt ist der Spross gewissermaassen in zwei Individuen getheilt worden, was bereits Vöchting[2]) ausgesprochen hat.

Dass die heutige Anschauung, die man vom Callus hat, nicht die zutreffende ist, geht auch daraus hervor, dass bei Populus nach 10 Tagen der Ringelung auch die untere Ringelwunde eine callöse Anschwellung zeigte, die an Umfang der oberen Anschwellung bedeutend nachstand. Sorauer[3]) hat eine Weinrebe geringelt und die Beobachtung gemacht, dass sowohl am unteren wie am oberen Rande der Ringelblösse eine Ueberwallungswulst sich bildet, nur sei die untere Wulst wegen geringerer Nährstoffzufuhr viel kleiner. Der anatomische Bau beider Ränder ist derselbe. — Also Sorauer ist auch der Ansicht, dass die Wulst lediglich die Folge einer Anhäufung von Nährmaterial ist.

Um mich durch einen Versuch zu überzeugen, dass der Wundcallus dasselbe Bild bietet wie der in Folge der Ringelung entstandene Callus, entnahm ich einem mehrjährigen Zweige von Populus ein viereckiges Rindenstück. Es trat nach ca. acht Tagen eine mässige Ueberwallung der Wunde ein, die nach vier Wochen derart zugenommen hatte, dass die Wundränder sich beinahe berührten. Die Pflanze zeigte also das Bestreben, durch Callusbildung die Wunde

1) Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 395, Fig. 456.
2) Vöchting, Organbildung, S. 35.
3) Sorauer, Pflanzenkrankheiten, S. 545.

den Einflüssen der Atmosphärilien zu entziehen. — In diesem Zustande untersuchte ich den Callus und fand, dass er sich genau so verhielt wie der Callus, der in Folge der Ringelung sich gebildet hat.

Kehren wir nun zu den Versuchen wieder zurück, so sehen wir, dass bei Populus zehn Tage nach der Ringelung die Siebröhren des unter der Ringelstelle befindlichen Theils ihren Inhalt genau in derselben Weise besitzen, wie bei der ungeringelten Pflanze. Einer Neubildung von Plasma habe ich in der Weise vorgebeugt, dass ich unterhalb der Ringelstelle alle Blätter, die etwa zur Neubildung von Plasma beitragen könnten, entfernt habe. Den Umstand, dass die Siebröhren unterhalb der Ringelung sich unverändert verhalten, halte ich für überaus wichtig für die Beurtheilung der Leitungsfähigkeit der Siebröhren.

Nach 32 Tagen hat sich bei Populus am oberen Theile des geringelten Sprosses ein mächtiger Callus gebildet; aber auch unterhalb der Ringelung ist jetzt ein wenn auch erheblich kleinerer Callus vorhanden. Der Spross ist 70 cm lang, Ringelblösse 1,5 cm breit, 23 cm vom unteren Ende entfernt. — Dicht unter der Ringelblösse hat sich nach der Ringelung aus einer Knospe ein Spross entwickelt, der in 32 Tagen eine Länge von sechs Internodien erreicht hat.

Die mikroskopische Untersuchung des unteren geringelten Theiles zeigt, dass vom Cambium aus durch mehrfache Theilung der Cambialzellen ein Wundparenchym sich gebildet hat. Die Zellen desselben sind mit Inhalt erfüllt, besonders mit Plasma, weniger mit Amylum. Nicht allein, dass von einer Entleerung der Siebröhren keine Rede war, erwiesen sich dieselben sehr viel inhaltreicher, als wie in einem normalen, gleichaltrigen Spross. — Der Grund liegt jedenfalls auch hier darin, dass der Inhalt zur Ernährung des Wundcallus dient. Selbst einige Centimeter darunter sind die Siebröhren normal mit Inhalt versehen.

Der Callus oberhalb der Ringelblösse zeigt mikroskopisch folgendes Bild: Es ist eine ausserordentlich reiche Parenchymbildung vom Cambium ausgehend vorhanden; die Zellen sind mit Plasma und Amylum dicht angefüllt, die Siebröhren enthalten ebenfalls reichlich Plasma. Zu bemerken ist hierbei, dass die Parenchymzellenbildung in diesem Falle sehr hoch in den äusserlich nicht zu Callus angeschwollenen Theil hinaufreicht.

Die Untersuchung des einige Centimeter über dem Callus befindlichen Theils ergiebt, dass Plasma in den Siebröhren in nicht ungewöhnlich vermehrter Menge, Amylum dagegen nur in ganz geringer Menge vorhanden ist.

Ringelung von Syringa vulgaris.

Am 20. Juni ringelte ich einen Syringaspross, 30 cm lang, Ringelblösse 1 cm breit, 18 cm vom unteren Ende entfernt. — Nach vier Tagen, also am 24. Juni, untersuchte ich und fand, dass makroskopisch keine Veränderung sichtbar war. Weder an dem oberen noch an dem unteren geringelten Theile war eine callöse Anschwellung vorhanden. Die mikroskopische Untersuchung des über der Ringelblösse befindlichen Theils ergab auf Längs- und Querschnitt, dass die Siebröhren Plasma enthielten, dessen Gehalt quantitativ sich nicht unterschied von dem, der sich in den Siebröhren eines ebenso alten, ungeringelten Syringazweiges fand.

Der Theil unter der Ringelblösse zeigte auf Längs- und Querschnitt dasselbe Bild, wie der Theil über der Ringelblösse. Es war eine Abnahme des Gehalts an Plasma in den Siebröhren nicht zu constatiren, sie enthielten das gleiche Quantum wie die Siebröhren des oberen Theils. Auch möge die Thatsache hier Erwähnung finden, dass die Siebröhren von Syringa kleine Stärkekörnchen und zwar in der Nähe der Siebplatten aufweisen.

Am 30. Juni nahm ich wieder eine Untersuchung von Syringa vor. Zu dieser Zeit, also zehn Tage nach der Ringelung, war makroskopisch keine Veränderung sichtbar, während bei Populus in dieser Zeit bereits ein ziemlich mächtiger Callus an dem oberen Theile sich gebildet hatte. Allein es war interessant, den Querschnitt des über der Ringelblösse befindlichen Theils mikroskopisch zu untersuchen. Obwohl äusserlich keine Anschwellung zu sehen war, so zeigte der Querschnitt unter dem Mikroskop, dass die Bildung von Wundparenchym vom Cambium aus bereits begonnen hatte. Auch beobachtete ich einen grösseren Plasmagehalt sowohl in den Siebröhren als in dem Phloemparenchym, und spricht diese Erscheinung wieder dafür, dass zur Bildung von Wundcallus bereits Bausubstanzen sich angesammelt hatten. — Auch Amylum war in den Siebröhren in grösserer Menge vorhanden.

Während also in dem oberen Theile von Syringa nach zehn Tagen eine deutliche Veränderung vor sich gegangen war, zeigte der Theil unter der Ringelblösse makroskopisch wie mikroskopisch keine Veränderung. — Hierbei will ich gleich erwähnen, dass ich nicht nur den direct unter der Ringelstelle befindlichen Theil untersucht habe, sondern dass ich immer die Untersuchung auch auf den einige Millimeter, zumeist auch einige Centimeter darunter befindlichen Theil erstreckt habe.

Wenn man sich der Ansicht anschliesst, dass das Plasma in den Siebröhren von oben nach unten wandert, so müsste doch in dem Theile unter der Ringelblösse nach zehn Tagen eine mehr oder minder stattgehabte Entleerung der Siebröhren von Plasma sichtbar sein, da von oben her kein Zustrom kommt. — Es könnte auch hier der Einwand gemacht werden, dass die Blätter, die möglicherweise am unteren geringelten Theile sich befinden, von Neuem zur Bildung von Plasma beigetragen haben, und dass das in den Siebröhren vorgefundene Plasma ein neues Product der Blätter sei. Diesem Einwande begegne ich aber damit, dass ich die Blätter stets entfernt habe, so dass eine Neubildung seitens der Blätter ausgeschlossen ist. — Nach 21 Tagen, also am 12. Juli untersuchte ich wiederum. — Spross 43 cm lang, Ringelblösse 1,4 cm breit, 20 cm vom unteren Ende entfernt.

Unterhalb der Ringelblösse sieht man, wie zwei Knospen im Begriff sind, auszutreiben.

Der Callus, der sich über der Ringelung gebildet hat, ist zwar nicht sehr gross, allein unter dem Mikroskop sieht man auf dem Querschnitt eine mächtige Entwickelung von Parenchymzellen, deren Bildung durch mehrfache Theilung der Cambiumzellen, ebenso wie beim Callus von Populus vor sich geht. Diese Parenchymzellen zeigen ebenso wie die Siebröhren einen reichen Inhalt von Plasma. — In der Nähe des Cambiums sind die Zellen am inhaltreichsten. — Auch hier habe ich wie bei Populus die Beobachtung gemacht, dass die Bildung von Parenchymzellen nicht bloss in dem äusserlich als Callus kenntlichen Theile stattfindet, sondern dass sie ziemlich weit, in diesem Falle 0,4 cm hinaufreicht. — Amylum ist in den Siebröhren in mässiger Menge vorhanden.

Dagegen weisen die Siebröhren in dem Theile unter der Ringelung sowohl direct unter derselben, als auch mehrere Centimeter

darunter eine Differenz im Gehalte im Vergleich zu einem Präparate von einem gleichalten, ungeringelten Zweige nicht auf. Es findet sich Plasma und Amylum in den Siebröhren, allerdings in nicht so erheblicher Menge wie im Callus.

Nach 36 Tagen hat sich am oberen Theile ein ausserordentlich mächtiger Callus gebildet, dagegen zeigt der untere Theil auch jetzt noch keine Spur von Callusbildung. Mikroskopisch verhält sich der obere Theil wie bei Populus; die Zellen sind prall mit Inhalt erfüllt, die Siebröhren zeigen einen reichen Plasmagehalt, weniger Amylum. Die Callusbildung ist auch hier vom Cambium ausgehend durch mehrfache Theilung der Cambiumzellen entstanden. — Unterhalb der Ringelung ist eine Abnahme des Gehalts der Siebröhren an Plasma nicht zu constatiren; sie verhalten sich normal.

Ringelung von Tilia.

Am 25. Juni nahm ich eine Ringelung von Tilia vor und untersuchte nach drei Tagen. Spross einjährig, 11 cm lang, Ringelblösse 0,7 cm breit, 5 cm vom unteren Ende entfernt.

Eine Callusbildung ist hier weder makroskopisch noch mikroskopisch nachzuweisen. Auch ist im oberen Theile der Gehalt in den Siebröhren ein ganz normaler. — Amylum ist in mässiger Menge in den Siebröhren vorhanden.

Im unteren geringelten Theile bieten sich die Verhältnisse ebenso dar wie in dem oberen. Es ist Plasma und Amylum in den Siebröhren in normaler Menge vorhanden, d. h. in einer Menge, wie man sie in einem gleichaltrigen, ungeringelten Zweige findet.

Wir werden dadurch wiederum zu der Frage veranlasst, ob die Ansammlung von Plasma über der Ringelung nicht in enger Beziehung steht zu der Bildung des Callus. Wenn überhaupt eine Ansammlung von plastischem Baumaterial über der Ringelstelle in Folge einer stattfindenden Wanderung sich zeigt, so müsste man nach drei Tagen wohl schon eine derartige Ansammlung constatiren können. Nun hat sich in den untersuchten Fällen eine Ansammlung von Plasma nur dann gezeigt, wenn die Callusbildung bereits im Gange war, und ist dieser Umstand wiederum ein Beleg für unsere früher ausgesprochene Voraussetzung. — Hier sehen wir weder eine Callusbildung noch irgendwelche Ansammlung von Plasma und

Amylum, während bei Populus proportional der Callusentwickelung eine entsprechende Anhäufung von Plasmamaterial vorhanden war.

Nach fünf Tagen, am 30. Juni, ergab die Untersuchung eines zweijährigen Sprosses, dass eine Veränderung nirgends eingetreten war. Es war weder makroskopisch ein Callus zu beobachten, noch zeigte sich mikroskopisch eine Bildung von Wundparenchym. Der Gehalt in quantitativer Beziehung entsprach auch hier dem normalen Zustande, indem die Siebröhren oberhalb und unterhalb der Ringelung einen mässigen Plasmagehalt aufwiesen. — Amylum war in den Siebröhren in geringer Menge in der Nähe der Siebplatten vorhanden, in ausserordentlich grosser Menge dagegen im Phloemparenchym.

Tilia zeigte eine sehr geringe Neigung zur Callusbildung, denn nach 17 Tagen war äusserlich noch keine Anschwellung sichtbar. — Spross zweijährig, 40 cm lang, Ringelblösse 1,5 cm breit, 12 cm vom unteren Ende entfernt.

Im oberen Theile des geringelten Sprosses hat eine Ansammlung von Plasma und Amylum in den Siebröhren und dem Phloemparenchym stattgefunden, obwohl eine Callusbildung äusserlich nicht sichtbar ist. Diese Erscheinung hat ihren Grund jedenfalls darin, dass diese Materialansammlung für den demnächst zu bildenden Callus stattgefunden hat.

Unterhalb der Ringelblösse erweist sich der Inhalt im Siebtheil normal. Es ist weder eine Abnahme des Inhalts zu constatiren, noch ist ein reicherer Plasmagehalt in den Siebröhren zu beobachten.

Nach 25 Tagen untersuchte ich einen zweiten Spross, der zweijährig, 35 cm lang war; Ringelblösse 1,4 cm breit, 12 cm vom unteren Ende entfernt.

Die Callusbildung, die nach 17 Tagen noch nicht bemerkbar war, ist jetzt in erheblichem Maasse vorhanden, obwohl äusserlich nur ein kleiner Wulst sichtbar ist. Dagegen sieht man auf dem Querschnitte mit dem Mikroskop eine reiche Bildung von Wundparenchym, die ganz in derselben Weise vor sich geht wie bei Populus und Syringa, indem vom Cambium aus durch mehrfache Theilung der Cambialzellen das Parenchym entsteht. Der Siebtheil enthält Plasma und Amylum in reicher Menge.

Unterhalb der Ringelblösse zeigt sich keine Veränderung. Es ist weder zur Bildung eines Callus gekommen, noch hat eine Ab-

nahme des Gehalts in den Siebröhren stattgefunden. Die Verhältnisse sind normal.

Nach 35 Tagen untersuchte ich noch einen Spross von Tilia. — Die callöse Anschwellung am oberen Theile hat einen ziemlichen Umfang erreicht, während am unteren Theile weder makroskopisch noch mikroskopisch eine Callusbildung wahrnehmbar ist. — Während die Untersuchung des unteren geringelten Theiles zu dem Ergebniss führte, dass eine Aenderung im Gehalt der Siebröhren nicht zu constatiren war, enthielten die Siebröhren im oberen Theile eine reiche Menge Plasma, wenig Amylum.

Auch hier konnte wiederum die Thatsache beobachtet werden, dass die Wundparenchymbildung weiter hinaufreicht, als sie äusserlich durch eine Anschwellung sich bemerkbar macht.

Ringelung von Quercus pedunculata.

Am 27. Juni nahm ich eine Ringelung von Quercus vor. — Spross zweijährig, 19 cm lang, Ringelblösse 1 cm breit, 8 cm vom unteren Ende entfernt.

Nach drei Tagen, also am 30. Juni, untersuchte ich und fand weder über noch unter der Ringelblösse irgendwelche Veränderung. Eine Callusbildung war nicht vorhanden und waren die Verhältnisse ganz normale.

Nach zehn Tagen nahm ich eine weitere Untersuchung vor. — Spross zweijährig, 21 cm lang, Ringelblösse 1 cm breit, 9 cm vom unteren Ende entfernt.

Ueber der Ringelblösse ist äusserlich ein Callus nicht wahrnehmbar. Dagegen sieht man mit dem Mikroskop, dass eine Anhäufung von Plasma in den Siebröhren stattgefunden hat, und dass die Bildung von Wundparenchym lebhaft im Gange ist.

Am unteren Theile ist auch mikroskopisch keine Callusbildung wahrzunehmen. Die Siebröhren enthalten Plasma in normaler Weise.

Nach 20 Tagen hat sich der Callus über der Ringelung erheblich vergrössert; die Zellen des Siebtheils sind prall mit Inhalt erfüllt, und weisen die Siebröhren einen reichen Gehalt an Plasma auf. Aber auch unterhalb der Ringelblösse beginnt ein Callus sich zu entwickeln. — Unter dem Mikroskop erblickt man auf dem Querschnitt eine vom Cambium ausgehende Theilung der Cambialzellen, und der Inhalt der Siebröhren hat zugenommen.

Nach 30 Tagen untersuchte ich einen zweijährigen Zweig von Quercus, der 18 cm lang war; Ringelblösse 1 cm breit, 7 cm vom unteren Ende entfernt.

Der Callus am oberen Theile der Ringelstelle hat einen erheblichen Umfang angenommen, ebenso der am unteren Ende, der dem oberen jedoch an Umfang ganz erheblich nachsteht. — Inhaltlich ist in den Siebröhren über der Ringelblösse eine mächtige Ansammlung von Plasma vorhanden, auch der unterhalb der Ringelblösse befindliche Theil weist in seinen Siebröhren viel Plasma auf. Amylum ist nur in geringer Menge in den Siebröhren, im Phloemparenchym dagegen sehr reichlich vorhanden.

Ringelung von Fraxinus excelsior.

Am 2. Juli ringelte ich einen zweijährigen Spross von Fraxinus. Spross 9 cm lang, Ringelblösse 0,8 cm breit, 3 cm vom unteren Ende entfernt.

Nach drei Tagen, am 5. Juli, fand ich keine Veränderung.

Nach 15 Tagen untersuchte ich noch einmal. Spross einjährig, 16 cm lang, Ringelstelle 1,5 cm breit, 7 cm vom unteren Ende entfernt.

Makroskopisch war eine Callusbildung am oberen und unteren Theile nicht sichtbar, dagegen konnte man die Bildung von Wundparenchymzellen mikroskopisch beobachten. Der Inhalt in den Siebröhren hatte sich vermehrt, und auch das Phloemparenchym enthielt Plasma und Amylum in grösserer Menge.

Unterhalb der Ringelung waren die Verhältnisse normale. Es hatte keine Abnahme des Gehalts der Siebröhren stattgefunden, auch war eine Wundparenchymbildung nicht sichtbar.

Nach 30 Tagen war der Callus am oberen Theile bedeutend gewachsen. Spross 19 cm lang, Ringelblösse 1,5 cm breit, 9 cm vom unteren Ende entfernt.

Die Siebröhren sind mit Plasma reich erfüllt, auch Amylum, jedoch in geringer Menge, ist vorhanden. — Unterhalb der Ringelung war keine Veränderung eingetreten. Es hatte weder eine Abnahme von Plasma in den Siebröhren stattgefunden, noch machte die Pflanze einen Versuch, die Ringelwunde von unten her durch einen Callus zu verschliessen; die Verhältnisse waren normal.

Ringelung von Phaseolus multiflorus.

Am 2. Juli ringelte ich die Stengelbasis von Phaseolus multiflorus und untersuchte nach vier Tagen, also am 6. Juli; es wiesen die Theile über und unter der Ringelung keine Differenz auf.

Nach acht Tagen ist eine Callusbildung auch noch nicht wahrnehmbar, dagegen sieht man nach 15 Tagen, dass am oberen Theile der Ringelung ein Wulst sich bildet, dessen mikroskopische Untersuchung ihn als einen Callus charakterisirte, der in derselben Weise entstanden war, wie bei den Holzpflanzen, indem eine mehrfache Theilung der Cambialzellen die Bildung des Wundparenchyms gezeitigt hatte. Aber auch unterhalb der Ringelblösse hatte sich ein Wulst gebildet, der jedoch nicht so gross war wie der obere.

Die Zellen oberhalb der Ringelblösse sind mit Plasma erfüllt; Amylum findet sich im Phloemparenchym, fehlt aber in den Siebröhren.

Im unteren Theile weisen die Zellen ebenfalls einen vermehrten Inhalt auf.

Nach 30 Tagen hat der Callus am oberen und unteren Ende einen grossen Umfang erreicht. Die Zellen sind beiderseits prall mit Inhalt erfüllt, Plasma findet sich in den Siebröhren in grosser Menge, Amylum, das sehr reichlich im Phloemparenchym vorhanden ist, fehlt den Siebröhren.

Ringelung von Phaseolus vulgaris.

Am 4. Juli ringelte ich Phaseolus vulgaris, der noch nicht blühte, und untersuchte nach vier Tagen. — Die Verhältnisse waren unverändert.

Nach zehn Tagen bemerkte ich, dass, entgegen den bisherigen Resultaten, hier am unteren Ende der Ringelblösse zuerst ein Wulst sich bildete, während am oberen Theile noch keine Anschwellung sichtbar war. Der Wulst bestand aus Wundparenchym, und waren die Elemente des Siebtheils reich mit Inhalt, besonders Plasma versehen; Amylum fehlte den Siebröhren. — Der obere Theil zeigte noch keine Veränderung und verhielt sich normal.

Nach 22 Tagen bot Phaseolus vulgaris einen merkwürdigen Anblick dar. Es hatte sich am oberen Theile der Ringelung ebenfalls ein Callus gebildet, der jedoch an Umfang dem Callus am unteren Theile sehr erheblich nachstand.

Der Umstand, dass hier der Callus am unteren Rande grösser ist, wie am oberen, mag daher rühren, dass der reiche Stickstoffgehalt der allen Leguminosen eigenthümlichen Knöllchen am Wurzelstock zum Aufbau des unteren Callus gedient hat. Die Pflanze war, als ich sie der Untersuchung unterzog, in der Fruchtbildung begriffen, und folgende Beobachtung machte es wahrscheinlich, dass sie die Stickstoffsubstanz über der Ringelstelle zum grössten Theile zur Fruchtbildung verbraucht hat. Ich untersuchte das Mark der Ringelblösse auf Salpetersäure und zwar mit Diphenylamin und Schwefelsäure; es trat sofort eine stark blaue Färbung ein. Auch das Parenchym des unteren Callus, auf dieselbe Weise behandelt, zeigte ebenfalls Salpetersäure, während das Mark des Zweiges in der Nähe der Früchte sich salpetersäurefrei erwies, so dass die Annahme, dass alle Salpetersäure über der Ringelblösse zur Fruchtbildung Verwendung gefunden hat, nicht unberechtigt erscheint.

Die mikroskopische Untersuchung des oberen Callus ergab einen reichen Plasmagehalt in den Siebröhren, in welchen Amylum nicht vorhanden war, und im Phloemparenchym.

Dasselbe Resultat ergab die Untersuchung des unteren Callus.

Versuch mit Helianthus annuus.

Am 1. Juli ringelte ich Helianthus und zwar 12 cm von der Erde ab. Nach fünf Tagen war eine Veränderung nicht zu beobachten.

Nach zehn Tagen sah man am oberen Theile der Ringelblösse eine wulstige Verdickung, und ergab die mikroskopische Untersuchung einen vermehrten Gehalt des Siebtheils an Plasma, auch Amylum war in den Siebröhren vorhanden, was mit den Untersuchungen von Sachs[1]) übereinstimmt.

Die Untersuchung des unteren Theiles der Ringelung ergab, dass der Inhalt in den Siebröhren ein normaler war; von einer Inhaltsabnahme war nichts zu bemerken.

Nach 25 Tagen war der Callus über der Ringelstelle erheblich grösser geworden. Es hatte sich vom Cambium aus ein mächtiges Wundparenchym gebildet, in derselben Weise, wie bei den untersuchten Holzpflanzen. Die Siebröhren waren reich mit Plasma, wenig mit Amylum versehen.

Der Theil unter der Ringelblösse wies keinerlei Veränderung auf.

1) Sachs, Experimental-Physiologie, S. 384.

Versuch mit Cannabis sativa.

Am 16. Juli ringelte ich männliche Individuen von Cannabis und untersuchte nach fünf Tagen. — Es war keine Veränderung zu beobachten.

Nach 14 Tagen war makroskopisch am oberen Theile ein kleiner Callus sichtbar, der unter dem Mikroskop eine reiche Parenchymzellenbildung zeigte. Die Siebröhren, die bei Cannabis sehr schmal und in geringer Anzahl vorhanden sind, enthalten Plasma in ziemlicher Menge, erweisen sich aber stärkefrei.

Nach 25 Tagen hatte der Callus am oberen Theile sich wesentlich vergrössert. Auch die Siebröhren wiesen mehr Plasma auf, ebenso die Phloemparenchymzellen. Unterhalb der Ringelung verhielten sich die Siebröhren ebenso wie bei einem gleichaltrigen ungeringelten Individuum.

Versuch mit Zea Mays.

Da Zea Mays zu den Monocotylen gehört, wo also die Fibrovasalstränge zerstreut im Stengel stehen, so musste statt der Ringelung ein anderes Verfahren eingeschlagen werden.

Kurz vor der Fruchtbildung schnitt ich aus dem Stengel ein keilförmiges Stück heraus, das ich der Untersuchung unterwarf. Es erwiesen sich die Siebröhren, die hier recht schön sichtbar sind, mit Plasma in mässiger Menge erfüllt; Amylum, das im Parenchym nur ganz vereinzelt vorkommt, fehlt den Siebröhren.

Nach 14 Tagen untersuchte ich den Stengel unterhalb des dreieckigen Ausschnitts und fand, dass die Siebröhren, die von obenher durch Entfernung des keilförmigen Stückes aus dem Stengel keine Zufuhr von Material haben konnten, sich hinsichtlich ihres Inhalts genau so verhielten, wie die Siebröhren des dem Stengel entnommenen Stückes.

Versuch mit Drosera rotundifolia.

Von den insectenfressenden Pflanzen untersuchte ich Drosera, da der Gedanke nahe lag, dass der dem Thiere entnommene eiweisshaltige Saft in den Siebröhren aufgenommen und durch dieselben dorthin geleitet werde, wo die Pflanze seiner bedarf.

Am 20. Juni untersuchte ich Drosera, das am Grunewaldsee reichlich vorkommt, und zwar in dem Zustand, in welchem sie noch

kein Insect gefangen hatte. Es zeigte sich auf dem Längsschnitte, dass Gefässe in ziemlicher Anzahl vorhanden waren, und zwar Ring-, Spiral- und Tüpfelgefässe. Die wenigen Siebröhren, die sich fanden, waren ausserordentlich schmal und zeigten einen plasmatischen Wandbeleg. Sie enthielten Chlorophyll und einen verhältnissmässig grossen Zellkern. — Alsdann untersuchte ich mehrere Exemplare, deren Drüsen die Ueberreste eines gefangenen Insectes umschlossen.

Es boten sich aber hier dieselben Verhältnisse dar. Die Siebröhren verhielten sich in beiden Fällen inhaltlich gleich.

4. Schlussresumé.

Meine Ansicht, die ich aus den angestellten Untersuchungen und Versuchen gewonnen habe, ist die, dass eine ausgiebige Leitung von Eiweiss in den Siebröhren nicht stattfindet. Wir haben gesehen, dass bei Pflanzen, welche 30 Tage geringelt waren, unterhalb der Ringelblösse keine Abnahme von Plasma in den Siebröhren sich zeigte, was doch der Fall hätte sein müssen, wenn das Plasma in den Siebröhren eine Wanderung in der Richtung nach abwärts macht. — Der Callus, den man für das Product der massigen Ansammlung des durch den Ringelschnitt an der weiteren Wanderung verhinderten Plasmamaterials ansah, trägt in seinem anatomischen Bau den Character von Wundparenchym, welches bei jeder Verletzung der Rinde einer Pflanze sich bildet, um sie den Einflüssen der Atmosphärilien zu entziehen. Die massige Ansammlung von Plasma findet lediglich statt, um für die Bildung des Callus Verwendung zu finden.

Analog wie Heine die physiologische Function der Stärkescheide in innige Beziehungen gebracht hat zu dem Aufbau der Bastzellen, bin ich der Ansicht, dass der Inhalt der Siebröhren zum Aufbau des Xylems Verwendung findet. Schon die Thatsache, dass in den jüngsten Theilen der Pflanze Gefässe und Siebröhren zumeist gleichzeitig auftreten, deutet auf gegenseitige Beziehungen hin. Ferner sind die Structur und Inhaltsverhältnisse des Phloems derartige, um Beziehungen zu der Cambiumschicht klar erkennen zu lassen.

Die typische Beschaffenheit der Siebröhren, also wo ein aus viel Eiweissstoffen bestehender Inhalt vorhanden ist, ist nur da zu finden, wo Holzelemente zu bilden sind; wo diese fehlen oder nur schwach ausgebildet sind, hat auch der Siebtheil eine andere Beschaffenheit.

Diese Arbeit habe ich im physiologischen Institut der Königl. landwirthschaftlichen Hochschule auf Anregung des Herrn Professor Dr. A. B. Frank gemacht, und sei es mir an dieser Stelle vergönnt, diesem meinem hochverehrten Herrn Lehrer und seinem Assistenten, Herrn Docenten Dr. A. Tschirch für die mir gewährte Unterstützung meinen besten Dank auszusprechen.

Figurenerklärung.

Tafel IX u. X.

Fig. I. Querschnitt von Tilia, mit Eosin gefärbt.

Fig. II. Schematische Darstellung des Querschnitts von Quercus.

a. Hartbast.
b. Weichbast.
c. Holzkörper.
d. Markstrahlen.

Fig. III. Schematische Darstellung des Querschnitts von Syringa.

a. Hartbast.
b. Weichbast.
c. Holzkörper.
d. Markstrahlen.

Fig. IV. Schematische Darstellung des Querschnitts von Fraxinus.

a. Hartbast.
b. Weichbast.
c. Holzkörper.
d. Markstrahlen.

Fig. V. Schematische Darstellung des Querschnitts von Populus.

a. Hartbast.
b. Weichbast.
c. Holzkörper.
d. Markstrahlen.

Fig. VI. Schematische Darstellung des Querschnitts von Betula.

a. Hartbast.
b. Weichbast.
c. Holzkörper.
d. Markstrahlen.

Fig. VII. Längsschnitt von Elodea canadensis.

a. Chlorophyllkörner.
a_1 Chlorophyllkörner, durch die Plasmarotation in lebhafte Bewegung versetzt.

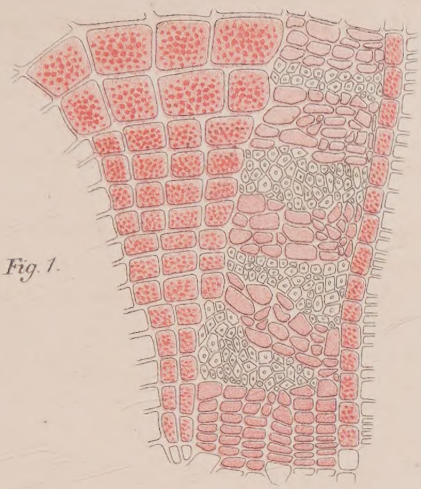

Fig. 1.

Fig. 2.

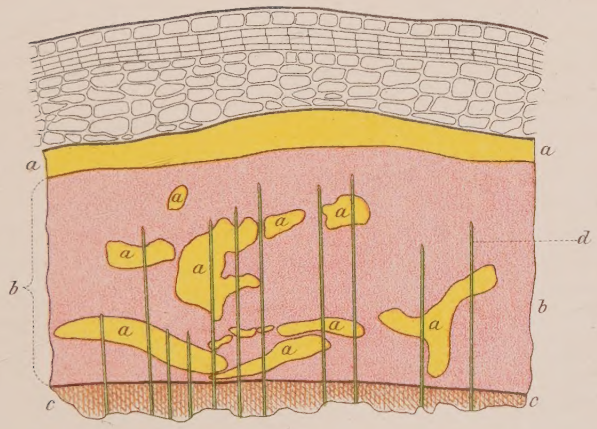

Fig. 3.

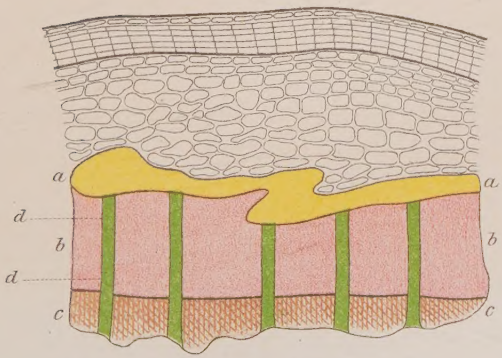

Fig. 4.

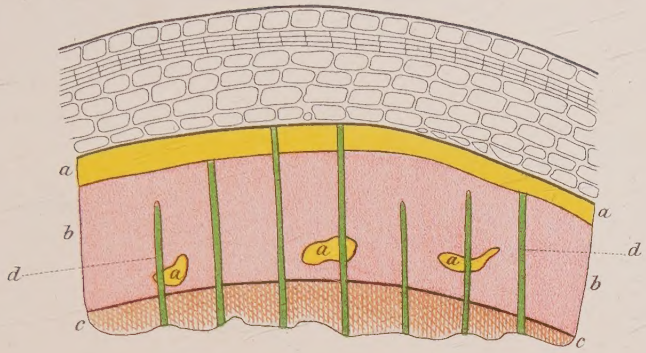

Fig. 5.

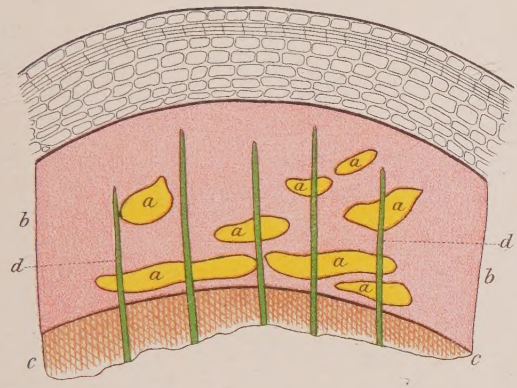

Fig. 7.

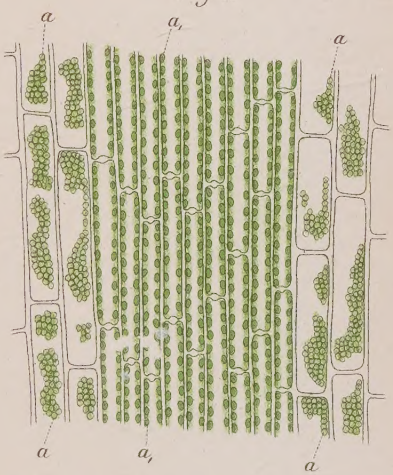
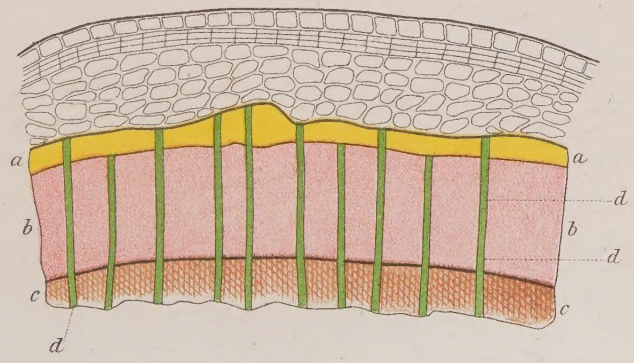
Fig. 6.